

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-33646

(P2003-33646A)

(43) 公開日 平成15年2月4日(2003.2.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テーマコード(参考)
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	A 3 G 0 9 1
C 2 5 B 11/03		C 2 5 B 11/03	4 G 0 7 5
	11/06	11/06	A 4 K 0 1 1
F 0 1 N 3/08		F 0 1 N 3/08	Z

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-225034(P2001-225034)

(22) 出願日 平成13年7月25日(2001.7.25)

特許法第30条第1項適用申請有り 2001年3月21日 社団法人日本セラミックス協会発行の「2001年年会講演予稿集」に発表

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成13年度、経済産業省、中小企業産業技術研究開発委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの、及び、平成13年度、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「シナジーセラミックス」、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1

(71) 出願人 595167889

ファインセラミックス技術研究組合
東京都港区虎ノ門3丁目7番10号

(72) 発明者 淡野 正信

愛知県名古屋市北区平手町1-1 独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内

(74) 代理人 100102004

弁理士 須藤 政彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化学反応器

(57) 【要約】

【課題】 環境浄化に有効な化学反応器を提供する。

【解決手段】 化学反応により被処理物質の浄化を行う化学反応器であって、カソード(陽極)、固体電解質、アノード(陰極)の3層構造よりなる電気化学セルから構成され、かつカソードの内部構造として、ナノメートルサイズの貫通孔を取り巻いて、電子伝導体とイオン伝導体がナノメートルからミクロン以下のサイズで相互に密着したネットワーク状に分布する構造を有すること、電気化学反応の効率化を可能とする化学反応器、及びその化学反応器を用いることにより窒素酸化物を浄化する方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学反応により被処理物質の浄化を行う化学反応器であって、カソード（陽極）、固体電解質、アノード（陰極）の3層構造よりなる電気化学セルから構成され、上記カソードがナノサイズの3次的に貫通した連続細孔を含む導電体より構成されていることを特徴とする化学反応器。

【請求項2】 前記カソードが、導電性酸化物、金属、この両者の各々の複合物、又は両者の複合物からなる材料よりなることを特徴とする、請求項1に記載の化学反応器。

【請求項3】 前記カソードが、イオン伝導体として酸素イオン伝導性を有する無機固体材料を、電子伝導体として導電性を有する金属及び／又は酸化物を含むことを特徴とする、請求項1に記載の化学反応器。

【請求項4】 前記固体電解質が、酸素イオン伝導体であることを特徴とする、請求項1に記載の化学反応器。

【請求項5】 前記カソードに含まれる細孔が、100nm以下の径を有し、表面からカソード下部まで連続して分布することを特徴とする、請求項1に記載の化学反応器。

【請求項6】 前記カソードに含まれる細孔が、カソードの10体積パーセント以上を占めることを特徴とする、請求項5に記載の化学反応器。

【請求項7】 前記カソードの連続細孔が、導電体又は電子伝導体・イオン伝導体を熱処理することにより生成させたものであることを特徴とする、請求項1又は3に記載の化学反応器。

【請求項8】 前記カソードが、上部と下部に区分され、カソード下部に、導電性及びイオン伝導性の両方の特性を備えた、複合構造の導電性電極を含むことを特徴とする、請求項1に記載の化学反応器。

【請求項9】 カソード下部における、イオン伝導体と電子伝導体の体積比率が3：7～7：3の範囲にあることを特徴とする、請求項3に記載の化学反応器。

【請求項10】 請求項1から9のいずれかに記載の化学反応器による被処理物質を分解し、浄化する方法であって、前記被処理物質が窒素酸化物であり、前記電気化学セルに電流を印加し、前記カソード中の電子伝導体において窒素酸化物を還元して酸素イオンを生成させ、これをイオン伝導体中で伝導させ、反応場における酸素ガス分子の窒素酸化物ガス分子に対する相対量を減らし、窒素酸化物を分解することを特徴とする、被処理物質の浄化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒素酸化物等の被処理物質の化学反応を行うための化学反応器に関するものであり、更に詳しくは、例えば、酸素を含む燃焼排ガスから窒素酸化物を効率的に分解し、浄化することが可

能な化学反応器、及びその化学反応器を使用することにより窒素酸化物を浄化する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ガソリンエンジンから発生する窒素酸化物の浄化は、現在、三元系触媒による方法が主流となっている。しかし、燃費向上を可能とするリーンバーン条件や、ディーゼルエンジンにおいては、共存酸素の吸着により触媒の表面活性が激減するという問題があり、そのために、酸素吸蔵型触媒による間欠的還元条件による浄化等の方法が採用されている。

【0003】 一方、酸素イオン伝導性を有する固体電解質膜を用いて、そこへ電流を流すことにより、排ガス中の酸素分子を表面被毒させることなく系外に除去することも行われている。触媒反応器として提案されているものとして、電極に両面を挟まれた固体電解質に電圧を印加することにより、表面吸着酸素と窒素酸化物を酸素と窒素に分解し、酸素をいわゆるポンピングして反応表面から除去するシステムが提案されている。ここで、先行文献を提示すると、J. Electrochemical Soc., 122, 869, (1975) には、酸化スカンジウムで安定化したジルコニアの両面に白金電極を形成し、電圧を印加することにより、窒素酸化物が窒素と酸素に分解することが示されている。また、J. Chem. Soc. Faraday Trans., 91, 1995 (1995) には、イットリウムで安定化したジルコニアの両面にパラジウム電極を形成し、電圧を印加することにより、窒素酸化物と炭化水素、酸素の混合ガス中において、窒素酸化物が窒素と酸素に分解することが示されている。

【0004】 しかしながら、このようなシステムは、酸素ポンピングのために外部からの相当量の電流供給が必要であるという問題点を有する。すなわち、酸素分子は、結晶格子中の酸素欠損等に吸着される確率が窒素酸化物分子より大きく、反応を行う際には、始めにこの吸着酸素分子を反応系外に除去するための電流が必要となり、反応効率を大きく低下させている点が、このシステムを実用化する上で大きな障害となっていた。

【0005】 そこで、上記問題を解決するには、酸素ポンピングに必要な電力の注入を最小限にするために、触媒反応を行う際に必要な酸素ポンピング量を抑制し、窒素酸化物の吸着及び分解反応の高効率化を図ることが必要となる。そのためには、用いられる触媒材料表面における、窒素酸化物分子への選択吸着特性を向上させることが一つの方法であるが、これまでのところ、窒素酸化物分子に対して酸素分子より高い選択性を示す材料は得られておらず、構造制御による総合性能としての反応の高効率化が求められていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このような状況の中で、本発明者らは、上記従来技術に鑑みて、酸素ポンピングに必要な電力の注入を最小限にすること、及び窒素

酸化物の吸着及び分解反応の高効率化を図ることが可能な新しい技術を開発することを目標として鋭意研究を積み重ねた結果、化学反応器のカソード中の電子伝導体において窒素酸化物を還元して酸素イオンを生成させ、これをイオン伝導体中で伝導させ、アノード側へポンピングさせることにより、吸着-浄化の反応場に到達する以前に酸素ガス分子数を十分低減させることにより所期の目的を達成し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。本発明は、窒素酸化物等の被処理物質の化学反応を行うための化学反応器を提供することを目的とするものである。また、本発明は、特に、酸素を含む燃焼排ガスから窒素酸化物を効率よく分解し、浄化することができる化学反応器と、該化学反応器を用いた窒素酸化物の浄化方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、以下の技術的手段から構成される。

(1) 化学反応により被処理物質の浄化を行う化学反応器であって、カソード（陽極）、固体電解質、アノード（陰極）の3層構造よりなる電気化学セルから構成され、上記カソードがナノサイズの3次的に貫通した連続細孔を含む導電体より構成されていることを特徴とする化学反応器。

(2) 前記カソードが、導電性酸化物、金属、この両者の各々の複合物、又は両者の複合物からなる材料よりなることを特徴とする、前記(1)に記載の化学反応器。

(3) 前記カソードが、イオン伝導体として酸素イオン伝導性を有する無機固体材料を、電子伝導体として導電性を有する金属及び／又は酸化物を含むことを特徴とする、前記(1)に記載の化学反応器。

(4) 前記固体電解質が、酸素イオン伝導体であることを特徴とする、前記(1)に記載の化学反応器。

(5) 前記カソードに含まれる細孔が、100nm以下の径を有し、表面からカソード下部まで連続して分布することを特徴とする、前記(1)に記載の化学反応器。

(6) 前記カソードに含まれる細孔が、カソードの10体積パーセント以上を占めることを特徴とする、前記(5)に記載の化学反応器。

(7) 前記カソードの連続細孔が、導電体又は電子伝導体・イオン伝導体を熱処理することにより生成させたものであることを特徴とする、前記(1)又は(3)に記載の化学反応器。

(8) 前記カソードが、上部と下部に区分され、カソード下部に、導電性及びイオン伝導性の両方の特性を備えた、複合構造の導電性電極を含むことを特徴とする、前記(1)に記載の化学反応器。

(9) カソード下部における、イオン伝導体と電子伝導体の体積比率が3:7~7:3の範囲にあることを特徴とする前記(3)に記載の化学反応器。

(10) 前記(1)から(9)のいずれかに記載の化学

反応器による被処理物質を分解し、浄化する方法であって、前記被処理物質が窒素酸化物であり、前記電気化学セルに電流を印加し、前記カソード中の電子伝導体において窒素酸化物を還元して酸素イオンを生成させ、これをイオン伝導体中で伝導させ、反応場における酸素ガス分子の窒素酸化物ガス分子に対する相対量を減らし、窒素酸化物を分解することを特徴とする、被処理物質の浄化方法。

【0008】

【発明の実施の形態】次に、本発明について更に詳細に説明する。本発明は、窒素酸化物等の被処理物質の化学反応を行うための化学反応器であって、例えば、環境汚染源となる物質（この場合、窒素酸化物）を処理するための化学反応を行う際に、反応を司る触媒-電極層部分において、反応の高効率化を可能とするような構造上の特徴を有する電気化学セルから構成される化学反応器である。本発明者らは、表面物性として窒素酸化物分子に対して酸素分子を超える選択吸着性を有しない場合、触媒反応への寄与度が低い部分において酸素分子の吸着を促進させる結果、触媒反応場においては既に酸素分子が存在しないか、存在しても低濃度のため、窒素酸化物分子に対する選択吸着率が大幅に向上すること、更に、触媒-電極層部分に、酸素ポンピング反応に必要な電力を供給する電流経路と、イオン化した酸素が反応場から除去される際の、イオン伝導経路の両方を、適当な形で配置することにより、上記窒素酸化物の浄化に必要な電流効率がこれまで報告されている最高値の数倍に達する、驚異的な向上を示すこと、を見いだした。

【0009】すなわち、酸素ポンピングに要する電流量は、選択的に表面吸着する酸素分子を如何に効率的にポンピングするか依存する。そのため、酸素ガス分子の数が浄化反応対象ガス（例えば、窒素酸化物）に対して大量となる、自動車エンジン排ガス（特に、高燃費運転として用いられるリーンバーン条件やディーゼル車排ガス等）の場合は、このシステムを稼働させるために大きな電流量が必要となる。電流の印加を低減させるためには、(1) 酸素ガス分子に対する窒素酸化物ガス分子の選択性を高める、(2) 反応場における酸素ガス分子の窒素酸化物ガス分子に対する相対量を減らすことで見かけの必要電流量を抑える、等の方法が考えられる。上記(1)の方法は、材料の表面物性に依存するものであるが、未だこのメカニズムを十分に発現する材料は得られていない。本発明は、上記(2)の条件を可能とする微細構造を開発することによりこの課題の解決を図ったものである。すなわち、酸素分子に対する窒素酸化物の選択吸着性が低いことを逆に利用し、吸着-浄化の反応場に到達する以前に酸素ガス分子数を十分低減させることを可能とすることにより、実効的に上記(2)の条件を実現した。

【0010】本発明の化学反応器は、カソード（陽

極)、固体電解質、アノード(陰極)の3層構造からなる電気化学セルから構成される。そして、上記カソードは、以下の構成を有する。

1) ナノサイズの3次元的に貫通した連続細孔を含む導電体より構成される。

2) 導電体酸化物、金属、この両者の各々の複合物、又は両者の複合物からなる材料よりなる。

3) イオン伝導体として酸素イオン伝導性を有する酸化物、ハロゲン化物などの無機固体材料を、電子伝導体として導電性を有する金属及び/又は酸化物を含む。

4) 好ましくは、イオン伝導体と電子伝導体がナノメートルからミクロン以下のサイズで相互に密着したネットワーク状に分布する。

すなわち、図1の構造図に示されるように、カソード、固体電解質及びアノードの3層構造を有する化学反応器において、ナノサイズの3次元的に貫通した細孔がカソード全体に分布することにより、同層上部において酸素分子のナノ細孔壁面への選択吸着が高効率で促進され、主として窒素酸化物の吸着-分解反応を担う同層下部にガスが到達する時点では、ガス中に窒素酸化物分子の数が卓越するようになる。その結果、酸素/窒素酸化物の吸着分解比率が変わらず、酸素分子への優先性があるにもかかわらず、窒素酸化物の吸着分解効率は飛躍的に向上する。

【0011】ガス分子の大きさに対する孔径及び孔長を考慮した場合、上述の効果が得られるためには、最大でも100nm以下、望ましくは30nm以下の孔径を有し、実体部に対する孔部分の体積分率として、10体積パーセント以上であることが好ましい。例えば、カソード層の全体層厚が7μmである混合酸化物-金属カソードを有するセルを作製した場合、孔径が10~20nmの場合は2%酸素共存下の窒素酸化物に対する電流効率は2.4%以上に達するのに対して、30nmでは1.7%程度、50nmでは1%以下へと急減し、100nm以上の孔においては、実験的にも、細孔における吸着効果による電流効率への寄与はほとんど認められない。同様に、孔体積を10体積パーセント未満とした場合には、反応表面積低下により分解効率自体が5.0%に達しない。

【0012】また、望ましくは、カソードにおける電気化学反応が高効率で行われるためには、更に、ナノ細孔を形成する導電層の壁面において、電気化学反応を高効率で行うための構造を同時に有することである。すなわち、吸着した酸素分子に与える電子をカソード下部から輸送する役割を担う電子伝導体が、3次元ネットワーク状にできるだけ細かく分布することが望ましい。ここで、上記電子伝導体としては、酸化ニッケル、酸化銅などの導電性酸化物、ニッケル、白金等の金属、及び両者の混合物が、その導電特性や化学的安定性から選択されることが好ましい。

【0013】更に望ましくは、上記電子伝導体と密接に存在する、同様に3次元ネットワーク構造をなし、均一微細分布したイオン伝導体を有することである。これにより、上記の電子伝導体から電子を受け取り、生成した酸素イオンが、電気化学セルのポテンシャル差に従って、容易にカソードから固体電解質を経てアノード側へポンピングされることとなる。ここで、上記イオン伝導体としては、酸素イオンに対する高伝導性を示すランタニウム-ストロンチウム-カルシウム-マンガン又は鉄酸化物等のペロブスカイト酸化物、イットリア安定化ジルコニア、スカンジウム安定化ジルコニア、サマリウム又はガドリニウム添加セリア等が好ましい。

【0014】電子伝導体、イオン伝導体の双方を、3次元ネットワーク形状で、ミクロンサイズ以下、望ましくは、ナノメートルオーダーまで微細分散させることの他に、電子・イオン伝導性を併せ持つ、ランタニウム-ストロンチウム-マンガン酸化物等の混合導電体を用いることも可能である。更に、カソード最下部に、上記イオン伝導体からの酸素イオン伝導を妨げない形で分布する、電子伝導体へ電子を供給する電極層を有することにより、カソード全体への必要電流を低減させることが可能となる。この場合、電極層としては、化学的安定性及び高導電性が求められることから、白金、ニッケル等が好ましい。

【0015】このような微細構造を形成するための方法として、好適には、電子伝導体・イオン伝導体に対する1000~1600℃の熱処理と該熱処理温度の制御が有効である。例えば、前述の酸化ニッケル-ジルコニア混合酸化物に対しては、1400℃又は1450℃での熱処理によって、望ましい微細構造が形成され、また、前述のランタニウム-ストロンチウム-カルシウム-マンガン又は鉄酸化物に対しては、1300℃で同様の微細構造を出現せしめることが可能である。

【0016】一方、電気化学セル構造において、触媒-電極層下部が果たすべき役割は、酸素ポンピング反応に必要な電流の供給を容易にし、かつ生成した酸素をポンピングする高イオン伝導性の経路を供給することである。そのために、電流供給を効果的に行い、かつ高イオン伝導の経路が近接して存在するための、電子伝導体及びイオン伝導体の量比及び組成を最適化することが好ましい。イオン伝導体と電子伝導体の比率は、2つの異なる相の混合状態から、3:7~7:3の範囲で好適な値が得られるが、その最適値は、2相の共存状態に大きく依存するので、2相の共存状態に応じて適宜決定すればよい。例えば、効果的な酸素ポンピングを可能とする数10~数100ナノメートルオーダーでの、2つの異なる相の複合組織の場合には、その最適比率は、イオン伝導体6:電子伝導体4である。

【0017】

【作用】本発明は、カソード、固体電解質、アノードの

3層構造よりなる電気化学セルから構成され、上記カソードをナノサイズの3次的に貫通した連続細孔を含む導電体より構成することを特徴としており、更に、上記カソードは、導電性酸化物、金属、この両者の各々の複合物、又は両者の複合物よりなること、また、上記カソードが、イオン伝導体（酸素イオン伝導性を有する無機固体材料）、電子伝導体（導電性を有する金属及び／又は酸化物）を含むことを特徴としており、上記カソード中の電子伝導体において、窒素酸化物を還元して酸素イオンを生成させ、これをイオン伝導体中で伝導させ、アノード側へポンピングさせることにより、反応場における酸素ガス分子の窒素酸化物ガス分子に対する相対量を減らすことで、見かけの必要電流量を抑え、上記窒素酸化物浄化に必要な電流効率を著しく向上させ、窒素酸化物を分解し、浄化することが可能となる。特に、吸着した酸素分子に与える電子をカソード下部から輸送する役割を担う電子伝導体、酸素イオンに対する高伝導性を示すイオン伝導体のいずれか又は双方を、3次元ネットワーク状にできるだけ細かく、ミクロンサイズ以下、望ましくはナノメートルオーダーまで微細分散させることにより、カソードにおける電気化学反応が高効率で行われることが可能となる。

【0018】

【実施例】次に、実施例に基づいて本発明を具体的に説明するが、本発明は当該実施例によって何ら限定されるものではない。

実施例1

イットリア8モル%添加ジルコニア焼結体を固体電解質とし、その片面に、ジルコニアと白金を混合し、スクリーン印刷により、固体電解質上に、焼成後に膜厚約20ミクロンとなるように成膜した。形成されたイオン伝導体-電子伝導体の混合層の上に、更に、触媒-電極層上部を構成する酸化ニッケル-ジルコニア混合層を、酸化ニッケル4：ジルコニア6の割合で混合粉碎し、同様にスクリーン印刷により形成した。これを1450℃で焼成後、反対側の面に白金電極を焼き付けた。この電気化学セルを600℃～800℃の温度に保持した管状電気炉中に設置し、サンプルガス（NO_x濃度1000ppm、共存酸素量2%、ベースガス：アルゴン）を50ml/分でフローさせ、窒素酸化物の分解量とセルへの注入電力との関係を調べたところ、最も固体電解質の抵抗が高いために効率が低い600℃の場合でも、窒素酸化物の50%分解に必要なセルへの注入電力量は0.4ワット（セル反応面積1cm²、以下同じ）であった。

【0019】実施例2

酸化スカンジウム10モル%、イットリア1モル%を添加したジルコニアを固体電解質とし、実施例1と同様の方法により、ジルコニアと白金を混合した。その際に、ジルコニアと白金を予備粉碎することにより、微細化と同時にメカノケミカルな活性化処理を施し、より少量の

白金によっても導電性バスを十分確保できるようにした。触媒-電極層上部としては、実施例1で用いた混合酸化物層とは異なり、混合導電体であるランタニウム-ストロンチウム-コバルト-鉄酸化物（略称：LSCF）を用いることで、高効率電気化学反応に必要な電子供給と酸素イオン輸送特性の向上を図った。微粉碎試料をペーストとして、スクリーン印刷により上部層を形成し、1300℃で焼き付けを行い、更に、反対面に白金を塗布し、焼成した。電流印加による浄化反応を行った結果、印加電圧2.9ボルト（電力0.5ワット）で窒素酸化物の分解効率50%に達した（セル作動温度600℃）。

【0020】実施例3

サマリウム超微粒子を10モル%添加したセリア焼結体を固体電解質とし、片面にジルコニアと白金を微粉碎混合したペーストを塗布した。更に、金属ニッケルとセリアを不活性ガス中で混合して調製したペーストをその上に塗布し、焼成後に膜厚約30ミクロンとなるように、塗布により成膜を行った。焼成後、反対側の面にタングステン電極を蒸着した。この電気化学セルにサンプルガス（NO_x濃度1000ppm、共存酸素量2%、ベースガス：アルゴン）を50ml/分でフローさせ、窒素酸化物の分解量とセルへの注入電力との関係を調べたところ、セル作動温度600℃において、窒素酸化物の50%分解に必要なセルへの注入電力量は0.38ワットであった。

【0021】実施例4

ガドリニウム粉末を20モル%添加したセリア焼結体を固体電解質とし、片面にオキシ塩化ジルコニウム溶液及び塩化白金溶液から合成した共沈粉体を熱分解して得られた、極めて均一微細な粒子をスラリー化して、有機溶媒を加えてペーストを作製し、固体電解質表面に塗布して600℃で焼き付けた。更に、金属アルコキシド溶液を出発物質として用い、スピンコーティングにより、ランタニウム-ストロンチウム-マンガン酸化物の前駆体を成膜し、1350℃加熱により緻密なカソード層を形成した。反対面に白金電極を成膜して作製された電気化学セルについて、2室型チャンバを用いた窒素酸化物浄化性能の評価を行った。電気化学セル作動温度600℃において、サンプルガス（NO_x濃度1000ppm、共存酸素量3%、ベースガス：アルゴン）を50ml/分でフローさせ、窒素酸化物の分解量とセルへの注入電力との関係を調べたところ、窒素酸化物の50%分解に必要なセルへの注入電力量は0.32ワットであった。

【0022】実施例5

実施例1において、固体電解質の上に形成するジルコニア-白金層において、ジルコニア6：白金4の割合で均一混合したペーストを用い、同様のプロセスにより酸化ニッケル-ジルコニア層及びアノードを形成した。同じく1450℃での焼成により作製した試料を600℃で

同様の試験方法により、2%酸素共存下での窒素酸化物の分解性能と、作動時のセルへの必要供給電流量を調べたところ、0.25ワットと実施例1の半分近くまで低減することが可能であった。

【0023】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、化学反応により被処理物質の浄化を行う化学反応器であって、カソード（陽極）、固体電解質、アノード（陰極）の3層構造よりなる電気化学セルから構成され、上記カソードがナノサイズの3次元的に貫通した連続細孔を含む導電体より構成されていることを特徴とする化学反応器に係るものであり、本発明によれば、以下のような効果が奏される。

（1）酸素共存条件下でも、電気化学反応による窒素酸化物の分解等の環境浄化作用を、高効率で行うことを可能とする、新規な化学反応器を提供することができる。

（2）被処理物質を高効率に処理できることから、被処理物質を処理する際に必要な電流量が減り、化学反応器*

*の消費電力を低減することができる。

（3）本発明では、酸素共存下でも、ガス分子の吸着サイトを連続的に活性化することが可能であるため、他の触媒物質を組合せることにより、硫化水素などの様々な環境汚染物質を浄化する反応器として使用することができる。

（4）混合ガス中から酸素を高効率で分離することの可能な反応器、及び生成した酸素が活性であることを利用した気体、液体、及び固体に対する高効率酸化反応器を提供することができる。

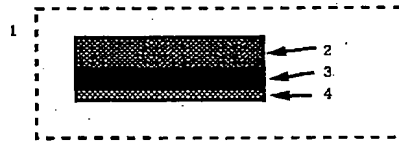
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一形態に係る化学反応器を概略的に示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 化学反応器
- 2 触媒-電極層（カソード側）
- 3 固体電解質層
- 4 電極層（アノード側）

【図1】



フロントページの続き

- (72)発明者 藤代 芳伸
愛知県名古屋市北区平手町1-1 独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内
- (72)発明者 黄 海鎮
愛知県名古屋市北区平手町1-1 独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内
- (72)発明者 セルゲイ プレディヒン
愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2268-1 志段味ヒューマンサイエンスパーク先端技術連携リサーチセンター ファインセラミックス技術研究組合シナジーセラミックス研究所内
- (72)発明者 松田 和幸
愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2268-1 志段味ヒューマンサイエンスパーク先端技術連携リサーチセンター ファインセラミックス技術研究組合シナジーセラミックス研究所内

- (72)発明者 前田 邦裕
愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2268-1 志段味ヒューマンサイエンスパーク先端技術連携リサーチセンター ファインセラミックス技術研究組合シナジーセラミックス研究所内
- (72)発明者 金井 隆雄
愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2268-1 志段味ヒューマンサイエンスパーク先端技術連携リサーチセンター ファインセラミックス技術研究組合シナジーセラミックス研究所内
- (72)発明者 宮田 素之
愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2268-1 志段味ヒューマンサイエンスパーク先端技術連携リサーチセンター ファインセラミックス技術研究組合シナジーセラミックス研究所内

F ターム(参考) 3G091 AA02 AA12 AA18 AB09 BA01
4G075 AA03 AA37 BA05 BB04 BD14
CA20 CA51 CA54 EC21 FA02
FA12 FB01 FB02 FC11
4K011 AA02 AA12 AA36 AA51 AA58
DA11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.